

# **토목섬유를 이용한 얇은 기초의 지지력 효과**

**문 의 주**

**(호주 Wollongong 대학 대학원)**

## **1. 서 론**

## **2. 실험기구 및 재료**

### **2.1 실험기구**

### **2.2 실험재료**

## **3. 실험방법**

## **4. 실험결과 및 분석**

### **4.1 실험결과**

### **4.2 실험분석**

## **5. 결 론**

## **참고문헌**

# 토목섬유를 이용한 얇은기초의 지지력 효과

\*문 의 주

## 1. 서 론

연약지반 위에 시공된 도로나 포장구조물 또는 건물기초등을 보면 하중에 대한 견고한 지지력을 갖는 기초 위에서 형성되어 있음을 알 수 있다. 설계하중에 대한 경제적 지지력을 갖는 기초의 두께를 결정하기 위하여 일반적으로 지반이나 노상에 대하여 전단강도시험 및 CBR Test에 의한 값을 이용 하고있다. 지반이 매우 연약할수록 기초의 설계두께의 증가나 혹은 지지력의 견고성을 증대시키는 새로운 공법이나 소재등을 이용하여 지지력 향상을 꾀하고 있는 실정이다. 그 중 토목섬유(Geotextiles)로 알려져있는, 이 소재를 이용한 지지력 증가에 관한 연구발표가 '70년 후반에서 부터 활발히 소개되고있다.

본 실험은 비록 실제현장 여건을 충족 시키는 것은 아니지만 토목 섬유를 얇은기초에 사용할 경우 효과적인 포설위치(H)를 관찰하고자 토목 섬유를 기층 15cm 아래 1겹 포설했을 경우( $H/B = 0.75$  B는 하중의 폭)와, 2겹 포설했을 경우(10cm, 20cm 아래  $H/B = 0.5$ )에 나타나는 BCR(Bearing Capacity Ratio)의 값을 찾아보았다.

---

\* 공학석사(Univ. of Wollongong, 濠洲), 한국 지반공학회 토목섬유 분과위원

## 2. 실험기구 및 재료

### 2.1 실험기구

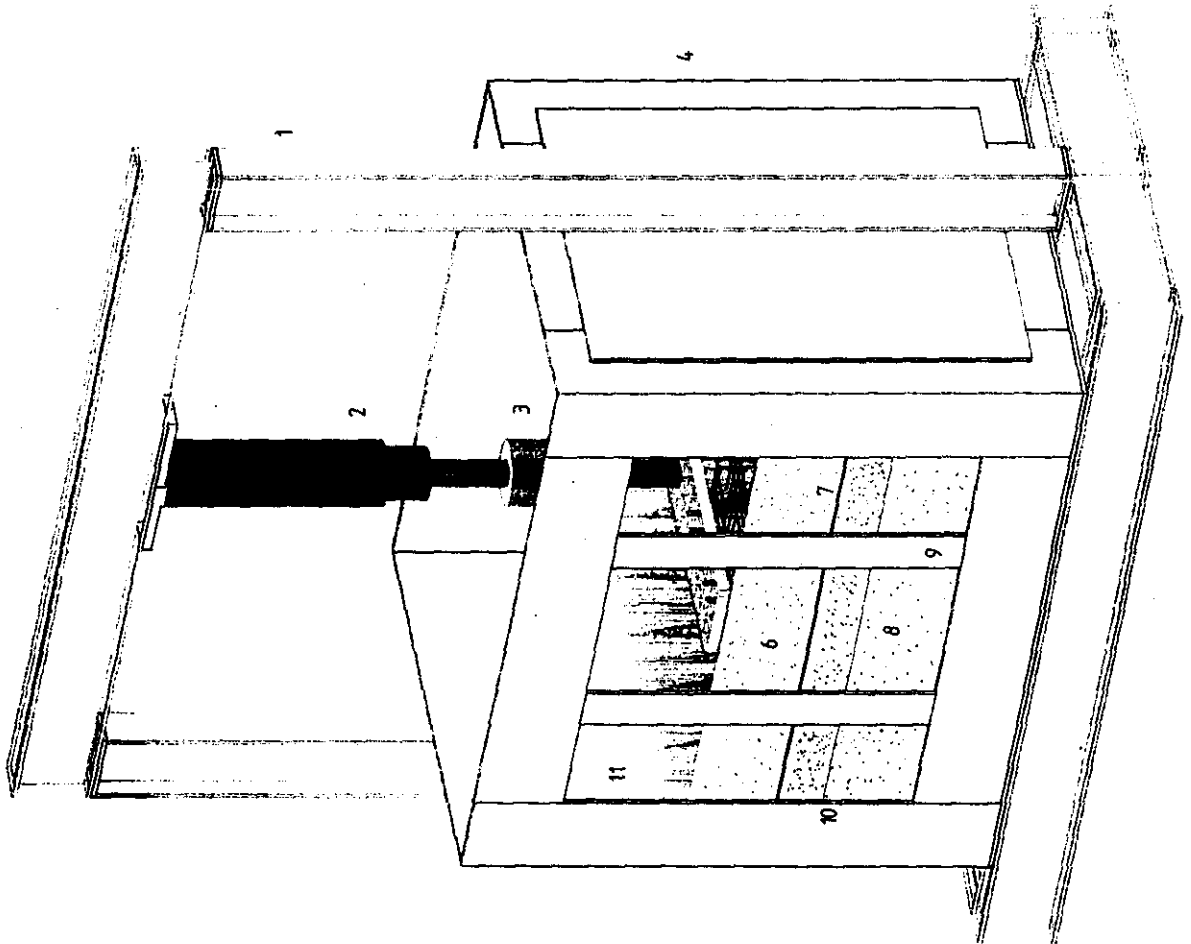
실험모형(그림 2-1 참조)은 150 Cm(W) X 100 Cm(L) X 120 Cm(H)의 크기에 10mm 철판으로 제작되었으며, 전면부에 110 Cm(W) X 90 Cm(H)의 창을 만든 후 12mm fibre-glass를 이용하여 하중에 따른 load plate 움직임을 관찰하기 용이하게 하였으며 하중에 의한 fibre-glass의 돌출 변형을 방지하기 위하여 2개의 보호대를 세로 방향으로 설치하였다.

20Cm(W) X 97Cm(L) X 0.3Cm(H)의 load plate에는 1/100 mm 정확도를 갖은 다이얼 게이지를 부착하여 침하를 관찰하였으며, hydraulic jack으로 부터 가해지는 하중은 load cell에 부착된 디지털 게이지로 판독하였다.

hydraulic jack을 받치고있는 I-형강 frame에 걸리는 최대 하중은 10톤으로 가정하여 모멘트 분배법(Moment Distribution Method)과 단면계수 결정법에 의하여 단면계수  $Z$ 을 구해본 결과  $Z \geq 150 \text{ Cm}^3$  이어야 함으로 단면계수  $Z=171 \text{ Cm}^3$  인 180 UB (Universal Beam)을 사용하여 frame을 제작 설치하였다.

그림 2-1 실험 모형도

- 1 STEEL FRAME
- 2 HYDRAULIC JACK
- 3 LOAD CELL
- 4 STEEL BOX
- 5 LOAD PLATE
- 6 SAND
- 7 GEOTEXTILE
- 8 CLAY SAND
- 9 FIBRE - GLASS PROTECTION
- 10 WINDOW
- 11 FIBRE - GLASS



UNIVERSITY OF WOLLONGONG  
 DEPARTMENT OF CIVIL & MINING ENGINEERING  
 APPARATUS FOR BEARING CAPACITY  
 SCALE 1:10 3D VIEW  
 DATE: June, 1992 BY: Ik-Joo MOON

## 2.2 실험재료

실험에 사용된 토목섬유는 Geolab System 社 (Australia)의 제품으로 제품명은 T24 이며 본 제품의 특성은 다음표와 같았다.

표) T24 제품 특성표

TEST	UNITS	T24	METHOD
Mass	g/m <sup>2</sup>	240	AS 3706.1
Thickness	mm	2.4	AS 3706.1
Wide Strip	kN/m	16.0	AS 3706.2
Trap Tear	kN	0.38	AS 3706.3
C.B.R	kN	3.2	AS 3706.4
Drop Cone	D500mm\H50mm	22\1617	AS 3706.5
Grap Tensile	N	650	ASTM D4632
Pore Size	EOS mm	0.180	AS 3706.7
Transmissivity	m <sup>2</sup> /sec	3.6	ASTM D4716

실험에 사용된 모래와 점토의 공학적 특성은 직접전단 시험과 함수량 시험을 3회 실시하여 그 값을 다음과 같이 얻었다.

특 성	모 래	점 토
함수량 (%)	4.6	26.3
내부마찰각 (φ)	30	46
점착력 (kPa)	-	5
단위중량 (kN/m <sup>3</sup> )	16.85	20.51

### 3. 실험방법

본 실험은 연약지반위 얇은기초에서 토목섬유를 사용하지 않았을 경우, 토목섬유를 1겹 사용했을 경우, 그리고 2겹을 사용했을 경우 그에 따른 지지력 효과를 비교 검토하기 위함이므로 다음과 같이 3가지 유형으로 실험을 실시하여 보았다.

# Series A) - 토목섬유 없이 35cm 두께의 점토층 위에 모래층을 30cm 두었다.

# Series B) - Series A)와 동일조건 하에서 모래층 상부로 부터 15cm 아래에 토목섬유를 포설하였다. ( $H/B=0.75$ )

# Series C) - Series A)와 동일조건 하에서 모래층 상부로 부터 10cm 아래와 15cm 아래에 토목섬유를 이중으로 포설하였다. ( $H/B=0.5$ )

- 모래층과 점토층은 rammer 를 이용하여 15cm 두께로 다짐을 하였다.
- load plate 에 가해지는 하중은 5kN을 시작으로 매 5kN씩 증가시켜 30 kN 까지 총 6회에 걸쳐 실시하였으며 각각의 하중에 대하여 초기 침하량과 30분후의 침하량을 관찰하여 보았다.

#### 4. 실험결과 및 분석

##### 4.1 실험결과

각 Test Series A), B), C)가 하중에 대하여 나타낸 반응을 살펴보면 다음과 같았다. (표4-1 참조)

- Series A)의 경우 5kN의 하중에서 초기 반응을 나타냈으며, Series B)와 Series C)의 경우는 10kN의 하중에서 초기 반응을 얻을 수 있다.
- 최대하중 30kN 에서 Series A)는 4.85mm의 침하를 보였으며, B)는 2.99mm, C)에서는 2.25mm의 침하량을 확인 할 수 있었다.
- 일정한 하중을 30분 동안 毎回 가했을 경우, Series A)는 0.01mm 부터 0.78mm 까지 creep 변형이 나타났으며, Series B)는 0.03mm 부터 0.34mm 까지, Series C)는 0.02mm 부터 0.32mm 까지 creep 변형이 나타났다.
- 毎 하중에 대한 각 Series A), B), C)의 평균 침하량은 0.81mm, 0.42mm, 0.38mm 로 나타났다.

표4-1) 각 Series의 침하량 Data

Load (kN)	Series A (mm)		Series B (mm)		Series C (mm)	
	초기	30분후	초기	30분후	초기	30분후
0	-	-	-	-	-	-
5	0.03	0.038	-	-	-	-
10	0.43	0.96	0.02	0.05	0.01	0.03
15	1.22	1.38	0.51	0.76	0.21	0.23
20	2.04	2.64	1.08	1.41	0.78	0.92
25	3.17	3.53	2.00	2.07	1.13	1.46
30	4.07	4.85	2.87	2.99	1.93	2.25

각 Series A), B), C)의 반응을 도표로 나타내어 보니 다음과 같았다.

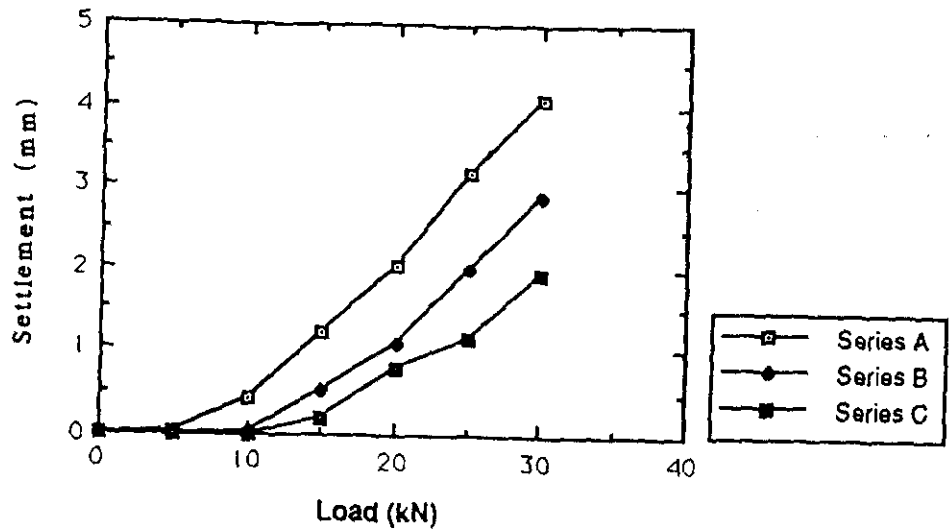


그림 4-1) 하중과 침하량의 곡선 (초기량)

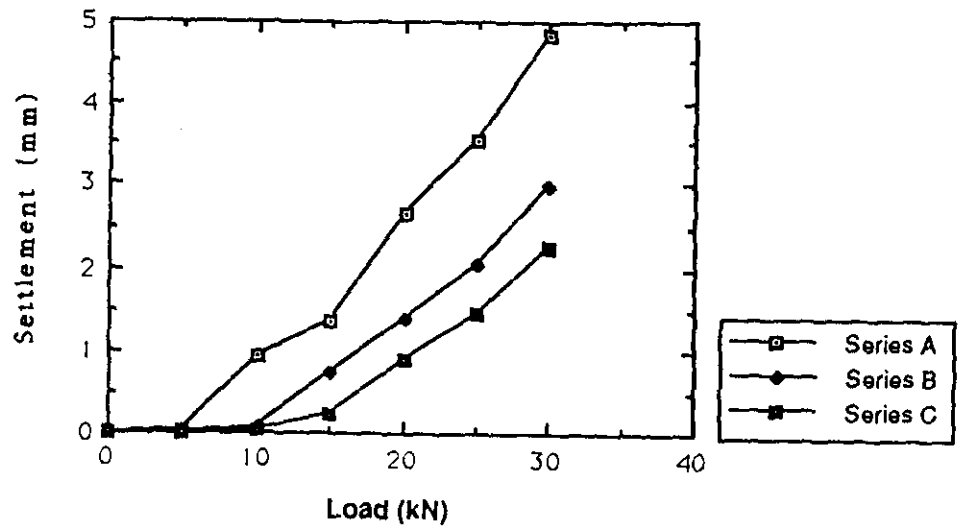


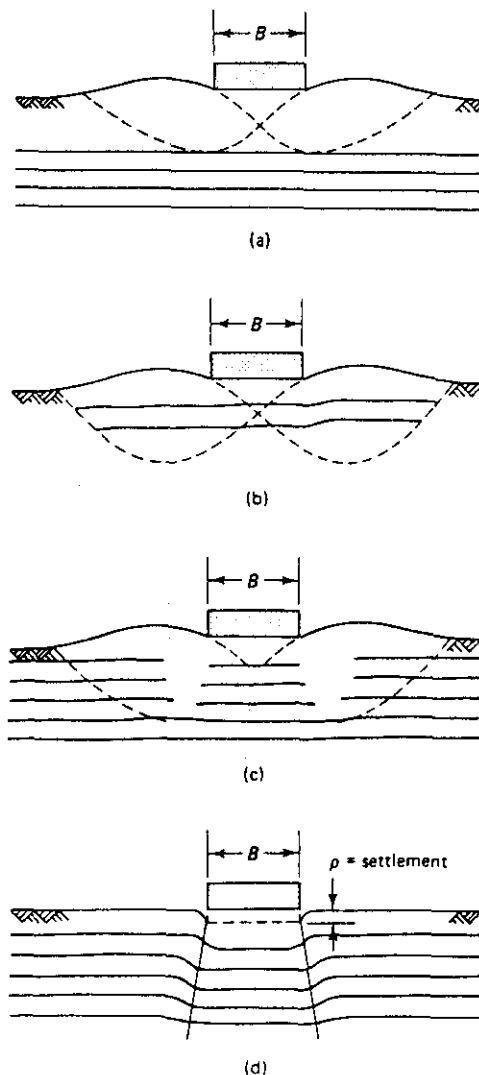
그림 4-2) 하중과 침하량의 곡선 (30분 후)



## 4.2 실험분석

본 실험에선 하중의 폭과 기초 두께의 관계에서 나타나는 지지력의 관찰이지만 일반적으로 얇은기초에서 토목섬유를 보강재로 사용했을 경우 다음과 같이 4가지 유형의 지지력 파괴 현상을 유추 할수있다, (그림 4-3 참조). 그림 (a) 경우같이 활동면의 파괴가 토목섬유 상층부에서 나타날때, (b)와 같이 충분치 못한 토목섬유의 폭으로 인한 활동면의 파괴, (c)와 같이 Overstressing에 의한 토목섬유의 인장파괴, (d)와 같이 지속적인 Overstressing에 의한 토목섬유의 Creep 변형으로 인한 파괴로 구분 할 수 있다.

그림 4-3  
얇은기초에서 토목섬유  
의 지지력 파괴 유형[3]



(a)의 경우 하중의 폭(B)과 토목섬유의 포설깊이(H)에 상관관계가 있으므로 토목섬유의 포설위치를  $0.5 < H/B < 1.5$  에 놓으므로 (Koerner[3]는 30cm 이내) 상층부의 활동면 파괴를 방지 할수 있으며, (b)의 경우는 주 응력의 방향 (Minor & Major Principal Stress Direction)과 관계되므로 토립자와 토목섬유의 마찰각,점착성 및 활동방향에 대한 전단저항 등을 고려한 안전율(FS > 1.3)검토로 파괴를 방지 할수 있으며, (c)와 (d)의 경우에는는 설계하중에 대한 부적절한 소재의 사용으로 인한 파괴가 주된 원인임으로 적합한 소재의 선택으로 방지 할수있다.

한편, Dembicki[2]는 5가지 Parameters를 이용한 실험을 통하여 지지력 효과를 비교 발표하였다.

첫째, 하중의 폭(B)과 토목섬유의 포설깊이(H)의 비율  $H/B=0.5, 0.75,$

1.0로 했을 경우에 BCR의 차이 (0.05m 침하량에서),

둘째, 토목섬유 포설폭에 따른 ( $W=2.65m, 1.0m$ ) BCR의 차이,

셋째, 토목섬유의 종류에 따른 BCR의 차이;

#1: needle-punched 부직포  $t=3mm$ , 인장력 243 kN/5Cm,

#2: needle-punched thermally bonded 부직포  $t=4mm$ ,

인장력 325 kN/5Cm,

넷째, 경사하중 ( $\alpha = 20 \text{ deg}$ )에서의 BCR,

다섯째, 편심하중 ( $\epsilon = B/6$ )에서의 BCR.

Dembicki의 실험 결과를 표로서 정리하면 다음과 같다.

BCR TEST		H/B		
PARAMETERS	TYPE	0.5	0.75	1.0
W=2.65m	#1	1.31	1.36	1.46
	#2	1.35	1.38	1.42
W=1.00m	#1	1.09	1.21	1.31
	#2	1.05	1.19	1.38
경사하중	#2	1.13	1.15	1.17
편심하중	#2	1.09	1.14	1.23

Dembicki의 실험에서 하중의 폭(B=20cm)과 모래층의 두께(H)의 비율, H/B =1.0인 경우 최대 BCR 값을 얻을 수 있으며 H/B=0.5에서 최소 BCR 값을 얻을 수 있었다. 또한 토목섬유의 포설 폭과 종류에 따른 BCR 값의 차이 점을 알 수 있었다.

본 실험에서는 토목섬유를 15cm 하단에 설치하여 H/B=0.75인 경우 (Series B)와 토목섬유를 10cm 하단과 20cm 하단에 이중으로 설치한 후, 즉 H/B=0.5인 경우(Series B) BCR 값을 비교하여 보았다. 그 값은 다음과 같다.

BCR		H/B	
구분	침하량	0.5	0.75
초기침하	0.5mm	1.71	1.41
	1.0mm	1.70	1.43
30분후	0.5mm	2.20	1.62
	1.0mm	2.10	1.60

Dembicki의 실험 보고서에선  $H/B=0.75$  ( $H=15\text{Cm}$ )인 경우가  $H/B=0.5$  ( $H=10\text{Cm}$ )보다 우수한 지지력 효과가 있었음을 보았으나, 이증으로 토목섬유를 포설한 본 실험의 경우  $H/B=0.5$  ( $H=10\text{Cm}$ )에서 오히려 보다 더 우수한 지지력 효과가 나타남을 알 수 있었다.

또한, 여타 보고서에 의하면 모래층이 5Cm인 경우( $H/B=0.25$ )는 토목섬유 소재 자체의 탄성과 모래입자의 탄성반력(Elastic Reflection)에 기인하여 BCR이 1이하로 떨어지며, 모래층이 30Cm 이상일 경우( $H/B \geq 1.5$ )는 극한지지력의 감소가 나타나는 것으로 발표되어 있다.

## 5. 결 론

토목섬유는 소재 그 자체를 구성하고 있는 화학적 분자구조의 조밀성, 소재의 종류, 제작의 방법 및 기술 등과 같은 생산 제조의 기술력과, 지반 활동응력에 따른 포설 폭, 위치, 량 등과 같은 설계능력에 따라서 다른 지지력을 나타내고 있다.

본 실험을 통하여 얇은기초에서 1겹의 토목섬유를 보강재로 사용한  $H/B=0.75$  ( $H=15\text{Cm}$ )에선 약 1.5배의 지지력 효과를, 2겹의 토목섬유를  $H=10\text{Cm}$ 와  $H=20\text{Cm}$  깊이에 이증으로 사용한 경우에는 약 2배의 지지력 효과가 있었음을 알 수 있었다. 그러나 토목섬유를 여러겹 사용 할 경우 비용 효과(Cost-Effect)면에서 경제적인 극한 지지력을 갖는 포설의 최소간격 및 최대간격 등을 제반 여건상 본 실험에서 검토하지 못함을 아쉽게 생각한다.

## 참 조 문 헌

1. Das, B. M. (1989), " Foundation on Sand Underlain by Soft Clay with Geotextiles at Sand-Clay Interface ", Geosynthetics '89 Conference, San Diego, U.S.A., p.p 203-214.
2. Dembicki, E., Jermolowicz, P. & Niemunis, A. (1986), " Bearing Capacity of Strip Foundation on Soft Soil Reinforced by Geotextile ", 3rd International Conference on Geotextiles, Vienna, Austria, p.p 205-209.
3. Koerner, R. M. (1990), "Designing with Geosynthetics ", Book, Prentice-Hall, N.J., U.S.A.
4. Leshchinsky, D. & Marcozzi, G. F. (1990), " Bearing Capacity of Shallow Foundations: Rigid vs Flexible Models ", Journal, Geotechnical Engineering Div of ASCE, Vol 116, p.p 1750-1756.
5. Som, N. (1988), " Geotextiles Overlay for Improving Bearing Capacity of Footings on Soft Clay ", 1st Indian Geotextiles Conference on Reinforced Soil & Geotextiles, Bombay, India, p.p A3-10.
6. 문 의 주, (1992), " Geosynthetics in Road Engineering ", 석사학위논문, Univ. of Wollongong, Australia.